Beiträge zur Förderung im Braunkohlentagebau unter besonderer Berücksichtigung der Skipgefäßförderung.

Von der Technischen Hochschule zu Breslau

zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

genehmigte

Dissertation

vorgelegt von

Diplom-Ingenieur

Heinz Bernhard

aus St. Goar a. Rh.

Referent: Prof. Dr.-Ing. Spackeler
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Gross

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Dezember 1927

★

Druck von Wilhelm Knapp in Halle (Saale).
1928.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Lebenslauf

Ich bin geboren am 14. Juli 1898 in St. Goar am Rhein als Sohn des Architekten G. Bernhard und bin evangelischer Konfession. Nach vierjährigem Volksschulbesuch in meinem Heimatsort ging ich auf das Realgymnasium zu Betzdorf an der Sieg. Von hier aus trat ich in das Kadettenkorps ein, welches mich nach bestandenem Fähnrichexamen dem Infanterie-Regiment 143 in Straßburg überwies. Ich nahm am Feldzuge teil und bat am 1. Oktober 1919, nachdem ich noch die Nachkriegskämpfe im Lande und an der Ostfront mitgemacht hatte, als Leutnant um meinen Abschied, um mich dem Studium des Bergfaches zu widmen. Mein Diplomexamen bestand ich am 23. Juli 1925 an der Bergakademie zu Clausthal. Am 8. Dez. 1927 promovierte ich zum Doktor-Ingenieur an der Technischen Hochschule zu Breslau.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549812_0051

Die technische Entwicklung des deutschen Braunkohlenbergbaus in den Nachkriegsjahren stand unter dem Einfluß der schnellen Verbesserung der Bagger und besonders des Überganges zur maschinellen Kohlengewinnung. Daraus folgte eine Zusammenlegung der Betriebe unter Vervielfachung der Förderleistung des Einzelwerkes. Diese Entwicklung mußte auf die Fördermethoden zurückwirken. Solange die Handgewinnung im Braunkohlentagebau üblich war, war die Kettenbahn das einzige und unbestrittene Fördermittel. Die gesteigerten Leistungen standen aber mit dem kleinen Rauminhalt des einzelnen Förderwagens nicht mehr im Einklang. Unsere großen Braunkohlentagebaue fördern heute zum Teil weit über 10 000 t täglich. Es ist natürlich, daß Wagen von weniger als einer Tonne Inhalt für solche Förderleistung unzweckmäßig sind. Der Übergang zur Großraumförderung, wobei die Ketten nicht mehr als Antrieb dienen konnten, war daher eine natürliche Folge der technischen Entwicklung auf dem Gebiete der Gewinnung. Während kleinere Werke heute noch in der Kettenbahn das geeignete Fördermittel sehen, sind die Großbetriebe in weitem Umfange zur Lokomotivförderung mit Großraumwagen übergegangen. Die Lokomotivförderung ist aber bei der Natur ihrer Art nur da geeignet, wo die zu überwindenden Höhenunterschiede beschränkt sind. In der Niederlausitz und in weiten Teilen des Bezirks von Halle-Leipzig liegen diese Verhältnisse vor. Dort werden Flöze abgebaut, deren durchschnittliche Mächtigkeit meist bei etwa 10 m liegt und selten über 20 m hinauskommen. Die Höhenunterschiede zwischen der Förderkohle im Flöz und der Terrainkante überschreiten daher selten 40 m und sind meist mit 20 — 30 m anzunehmen. Die Lokomotivbahn muß aber ungeeignet erscheinen, wenn die Tiefe der Tagebaue erheblich steigt. Sowohl im Kölner Braunkohlenrevier wie im Geiseltal bei Halle werden Flöze erheblich größerer Mächtigkeit abgebaut, die auf 70—80 m, vereinzelt bis fast 100 m, ansteigen. Für solche Gruben, bei denen daher für die Förderung Höhenunterschiede bis zu 100 m zu überwinden sind, ist die Frage der Großraumförderung bisher nicht einwandfrei gelöst. Zum Teil wird noch in unveränderter Weise mit den Kettenbahnen gearbeitet. Auf anderen Werken ist man zu Zahnradlokomotiven oder zu Schrägaufzügen übergegangen, bei denen die Großraumwagen an ein Seil angeschlagen und auf schiefer Ebene gehoben werden.

Eine im deutschen Braunkohlenbergbau noch nicht erprobte Fördermethode ist die im ausländischen, besonders im amerikanischen Bergbau verbreitete sogenannte Gefäß- oder Skipförderung. Es soll daher die Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein, die Eignung der verschiedenen erwähnten Fördermethoden für diese Braunkohlentagebaue zu prüfen und dabei die Gefäßförderung mit den übrigen Methoden zu vergleichen, um zu ermitteln, ob und gegebenenfalls unter welchen Umständen die letztere neben den übrigen Fördermethoden in Betracht kommt, oder gar das gegebene Problem zu lösen imstande ist.

Da die folgenden Betrachtungen, um Beweiskraft zu haben, durch ein charakteristisches, der Wirklichkeit entnommenes Beispiel belegt werden müssen, ist den rechnerischen Ermittlungen durchgehend die der Rheinischen Aktien-Gesellschaft für Braunkohlen-Bergbau gehörige Grube Fortuna bei Köln zugrunde gelegt. Diese Grube ist gewählt, weil sie im nördlichen Teil des Kölner Bezirks das Flöz an der Stelle abbaut, wo es die größte für Tagebaue in Frage kommende Mächtigkeit hat. Beim augenblicklichen Stande des Abbaus beträgt die Kohlenmächtigkeit etwa 80 m. Bei weiterem Fortschreiten werden Mächtigkeiten bis zu 105 m vorkommen. Bei einer Deckgebirgsmächtigkeit von durchschnittlich 20 m dürften daher hier die größten Unterschiede von allen deutschen Braunkohlengruben vorhanden sein. Dabei beträgt die Förderung der Grube etwa 10 000 t täglich, die bisher mit Hilfe von Kettenbahnen und Förderwagen von 0,5 t Inhalt gefördert werden.

Um Wiederholungen zu vermeiden, sei eine kurze Beschreibung der Grube Fortuna, soweit sie für die folgenden Betrachtungen von Bedeutung ist, vorausgeschickt.

Abb. 1 zeigt einen Plan des Grubenfeldes der Grube Fortuna. Der Aufschluß des bisherigen Tagebaus ist in der Weise erfolgt, daß von der westlich der Grube gelegenen Brikettfabrik und den Kraftwerken die Kettenbahnen auf schiefer Ebene angelegt sind, von deren Fußpunkt aus sich der Tagebau erweitert hat. Da bei der großen Mächtigkeit die Schnitthöhe eines Baggers nicht ausreicht, sind zwei Fördersohlen angelegt. Die obere Sohle liegt bei + 70 m über NN, die untere + 39 m über NN. Die Rasensohle liegt auf + 120 m über NN, so daß sich zur Zeit Höhenunterschiede von 50 m bzw. 80 m ergeben, die sich bis zum Wipperboden, der auf + 145 m über NN liegt, auf 75 m

bzw. 110 m erhöhen. Die Anlage eines zweiten Großkraftwerkes zur Versorgung der Stadt Köln hat es bewirkt, daß eine zweite schiefe Ebene angelegt worden ist; dadurch ist erreicht, daß jede Fördersohle ihre eigene Förderanlage

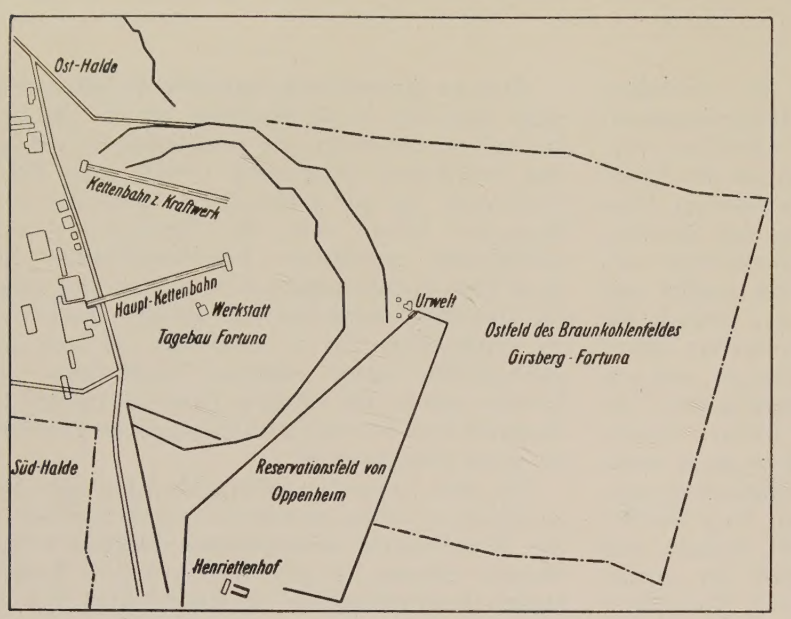

Abb. 1. Lageplanskizze des Geländes zwischen Fortuna-Beißelsgrube nebst Tagebau und Fabrikgebäuden der Grube Fortuna.

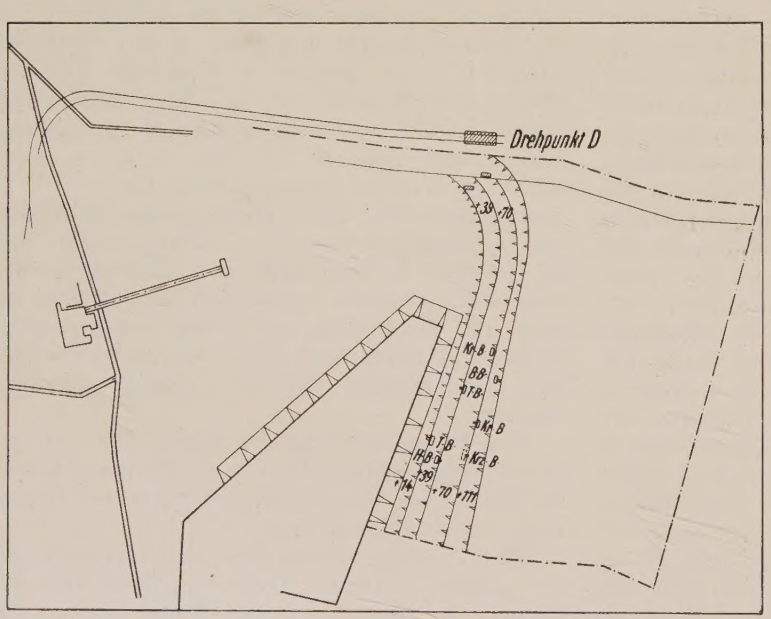

Abb. 2. Deckblatt zur Lageplanskizze Grube Fortuna.

hat, wobei die alte schiefe Ebene von der Mitte des Tagebaus aus zur Brikettfabrik und Kraftwerk I fördert, während die neue schiefe Ebene von der + 70 m Sohle zum Kraftwerk II fördert.

Die Kohle der Grube Fortuna zeichnet sich durch große Festigkeit aus. Die Bergbehörde hat daher auch trotz der großen Mächtigkeit des Flözes einen Böschungswinkel in der Kohle von 45° genehmigt. Rutschungen der Kohle sind bisher nicht eingetreten. Schwieriger ist die Erhaltung des Böschungswinkels im Deckgebirge. An seiner Zusammensetzung sind das Tertiär und das Diluvium beteiligt. Zu unterst kann man deutlich weiße miozäne Quarzsande beobachten, die von dünnen Tonschmitzen durchsetzt sind. Darüber lagern die mehr oder minder groben pliozänen Quarzsande, ebenfalls von feinen, geschlichteten Tonen durchwaschen. Die dünnen Tonschmitzen, die sich linsenähnlich einlagern, sind ohne Einfluß auf das innige und feste Gefüge dieser Schichten.

Zusammenfassend muß also festgestellt werden, daß man es hier mit verhältnismäßig festen Massen zu tun hat, die durch keinerlei Bewegungen beeinflußt werden, wenn man Wasserausspülungen bei dem Böschungswinkel von 45° vermeidet.

Das bisher gebaute westliche Feld wird in absehbarer Zeit verhauen sein. Der Abbau wird sich dann in das in Abb. 1 bezeichnete Ostfeld verschieben. Die Lagerungsverhältnisse sind hier die gleichen wie im Westfeld. Der Abbau soll dann in der Weise erfolgen, daß der an der nördlichen Feldesgrenze gelegene Punkt D (Abb. 2) zum Schwenkpunkt der Baggerstrosse gemacht wird, daß der Abbau also im sogenannten Keilrückenbau erfolgt. Das ausgekohlte Westfeld soll als Kippe für die Abraummassen des neuen Feldes dienen.

Kettenbahn.

Die betriebstechnischen Gesichtspunkte zur Beurteilung der Eignung einer Kettenbahn bestehen im wesentlichen aus den zu überwindenden Steigungen, den Entfernungen zwischen Baggerstrosse und Brikettfabrik, der Menge des anfallenden Gutes und den Betriebsstörungen.

Die zu überwindenden Steigungen richten sich ganz nach den örtlichen Verhältnissen und sind abhängig von der Mächtigkeit des Flözes und des Deckgebirges, von der Entfernung der Baggerstrosse von der Brikettfabrik und dem zur Verfügung stehenden Raum im Tagebau.

Aus Übersicht 1 ist ersichtlich, daß die erheblichen Teufen der angeführten Gruben

Übersicht 1.

Name der Grube	Teufen unt. Fahrbahn des Naßdienstes mm	Entfernung vom Ansatzpunkt der schiefen Ebene bis zur Brikettfabrik m	Steigung	Förderart
Fortuna . .	110	405	1 : 4,5	Kettenbahn
Beissels-grube . .	92	920	1 : 10	
Fischbach .	87	910	1 : 7	
Gräfrath . .	70	525	1 : 7,5	
Louise . .	60	800	1 : 10	
Liblar . . .	89	700	1 : 9	

durch festliegende steile Strecken überwunden werden. Im Tagebau selbst bewältigen leicht bewegliche Kettenbahnen die Förderung, die, je weiter der Abbau fortschreitet, natürlich entsprechend länger werden. Derartig langgestreckte Bahnen, welche den Tagebau durchschneiden, wirken äußerst hinderlich auf den sonstigen Betrieb, ganz besonders behindern sie die Unterbringung der Abraummassen im ausgekohlten Tagebau.

Zur Beurteilung der Frage, ob die Leistung der Kettenbahn den heutigen Anforderungen genügt, ist die Menge des anfallenden Gutes und die sich daraus ergebende Kettengeschwindigkeit und Aufeinanderfolge der Wagen von Wichtigkeit.

In Übersicht 2 ist die theoretische Leistungsmöglichkeit verschiedener Kettenbahnen im rheinischen Braunkohlenbezirk ermittelt und der wirklich erzielten Leistung gegenübergestellt.

Eine derartige Berechnung, wie sie in dieser Übersicht aufgeführt ist, läßt Schlußfolgerungen nur bedingt zu, da oft aus anderen Gründen (Absatz, Leistung der Brikettfabriken u. dgl.) das Fördersoll niedriger angesetzt ist, als es der Leistung der Kettenbahn entspricht. Gleichwohl glaube ich, die Übersicht in folgender Weise auswerten zu können: Es dürfte berechtigt sein, anzunehmen, daß die Gruben, welche 70 — 80 vH Ausnutzung erreichen, das Höchstmaß dessen haben, was im Dauerbetrieb erzielt werden kann. Ein Leistungskoeffizient von 60 vH ist als Durchschnitt einzusetzen.

Über die Störungsursachen eines Braunkohlentagebaus im Geiseltal gibt Abb. 3 und Übersicht 3 ein anschauliches Bild. Die Störungen im Tagebau, auf dem Wipperboden und im Naßdienst nebst Fabrik sind in dieser graphischen Darstellung getrennt aufgezeichnet.

Übersicht 2a.

Leistung einer Kettenbahn in Wagen:

In Zeit h	Bei Wagenabstand m	Kettengeschwindigkeit m/sec: 1,25	Kettengeschwindigkeit m/sec: 1,5
1	10	450	540
	15	300	360
18	10	8100	9 720
	15	5400	6 480
20	10	9000	10 800
	15	6000	7 209

Übersicht 2.

Übersicht über Abhängigkeitsverhältnis der Kettenbahn-Förderleistung von Zahl und Inhalt (Nutzlast) der Förderwagen, Fördergeschwindigkeit, Wagenabstand, Anzahl der Kettenbahnen und ihre Ausnutzung.

Nr.	Grube	20 Std. Sollförderung t	Nutzlast eines Wagens t	Sollförderung in Wagen	Förderlänge m	Kettengeschw.	Zeit eines vollen Wagenumlaufes sec	Zeit eines vollen Wagenumlaufes h	Zahl der Umläufe eines Wagens theor. in 20 Std.	Zahl der Umläufe eines Wagens prakt. 18 Std.	Erforderliche Zahl der Wagen theor.	Erforderliche Zahl der Wagen prakt.	Vorhandene Zahl der Wagen	Durchschnittl. Wagenabstand	Zahl der Kettenbahnen	Kettenbahnen könnten leisten in 20 Std. theor. Wag.	Wirkl. Leistung der Gesamtanlage 1,20 Std. Wag.[1])	Ausnutzung der Kettenbahnen vH	Großraumförderung projektiert
1	A	8 000	0,5	16 000	7000	1,5	4650	1,28	15,4	13,9	1040	1150	1200	15	4	28 800	12 960	45	—
2	B	3 000	0,52	5 750	2440	1,25	1940	0,54	37	33,3	156	172	270	15	2	12 000	5 360	44,5	—
3	C	7 000	0,48	14 600	5000	1,5	3334	0,93	21,6	19,4	678	755	800	10	2	21 600	12 830	60	—
4	D	1 000	0,42	2 380	2000	1,0	2000	0,56	36	32,4	66	73	73	15	1	4 800	2 350	49	—
5	E	5 000	0,5	10 000	4200	1,5	2800	0,78	25,7	23,1	389	433	550	12	2	18 000	8 500	47	—
6	F	2 500	0,5	5 000	2400	1,0	2400	0,66	30	27	166	178	170	15	2	9 600	4 900	51	—
7	G	3 500	0,42	8 340	3400	1,5	2266	1,63	31,8	28,6	262	292	315	15	2	14 400	8 400	58	—
8	H	3 600	0,5	7 200	3000	1,5	2000	0,56	36	32,3	200	220	200	12	2	16 000	7 200	45	—
9	I	1 500	0,4	3 250	3100	1,75	1770	0,49	40,6	36,5	80	89	170	10	1	10 000	3 300	33	—
10	K	6 500	0,41	16 800	3600	1,8	2000	0,56	36	32,4	440	490	500	10	2	23 200	16 000	69	—
11	L	12 000	0,55	21 800	6000	1,75	3420	0,95	21	18,9	1040	1150	1300	10	4	46 400	21 500	32	—
12	M	12 000	0,42	28 500	5200	1,5	3460	0,96	20,7	18,7	1380	1500	1500	6—10	4	43 900	28 500	66	Großraumf. ab Juni 1925
13	N	14 000	0,7	20 000	3600	1,5	2400	0,67	30,8	27,0	650	715	750	8—10	2	21 600	18 000	83	—
14	P	8 000	0,8	10 000	3900	1,4	2780	0,77	25,8	23,2	386	431	600	6— 7	2	10 000	10 000	100	—

1) Siehe Übersicht 2a.

Übersicht 3.

Kettenbahnstörungen.

Datum	Wipperboden		Tagebau		Naßdienst und Fabrik	
	Min.	vH	Min.	vH	Min.	vH
16. Nov. 1926	130	6,5	40	2	20	1
17. „ „	170	8,5	30	1,5	—	—
19. „ „	170	8,5	150	7,5	20	1
20. „ „	340	17	136	6,8	16	0,8
21. „ „	180	9	110	5,5	24	1,2
22. „ „	—	—	18	9	50	2,5
23. „ „	116	5,8	190	9,5	60	3
24. „ „	630	21,5	70	3,5	10	0,5
25. „ „	90	4,5	90	4,5	—	—
26. „ „	226	11,5	20	1	—	—
27. „ „	110	5,5	54	2,7	18	0,9
28. „ „	110	5,5	140	7	10	0,5
30. „ „	204	10,2	90	4,5	20	1
1. Dez. 1926	184	9,2	190	9,5	—	—
2. „ „	516	25,8	150	7,5	—	—
3. „ „	70	3,5	90	4,5	12	0,6
4. „ „	474	23,7	100	5	—	—
5. „ „	176	8,8	110	5,5	10	0,5
6. „ „	246	12,3	60	3	60	3
7. „ „	80	4	80	4	90	4,5
		201,1		104,0		21,0

Durchschnitt: 201,1 : 20 = 10,05 vH
104,0 : 20 = 5,2 vH
21,0 : 20 = 1,05 vH

Man sieht, daß hier die Störungen auf dem Wipperboden bei weitem überwiegen, daß sich die Störungen im Tagebau auf einem Durchschnitt von 5—6 vH der Gesamtförderzeit bewegen und daß die Störungen im Naßdienst und in der Fabrik den Betrieb nur in geringem Maße beeinflussen.

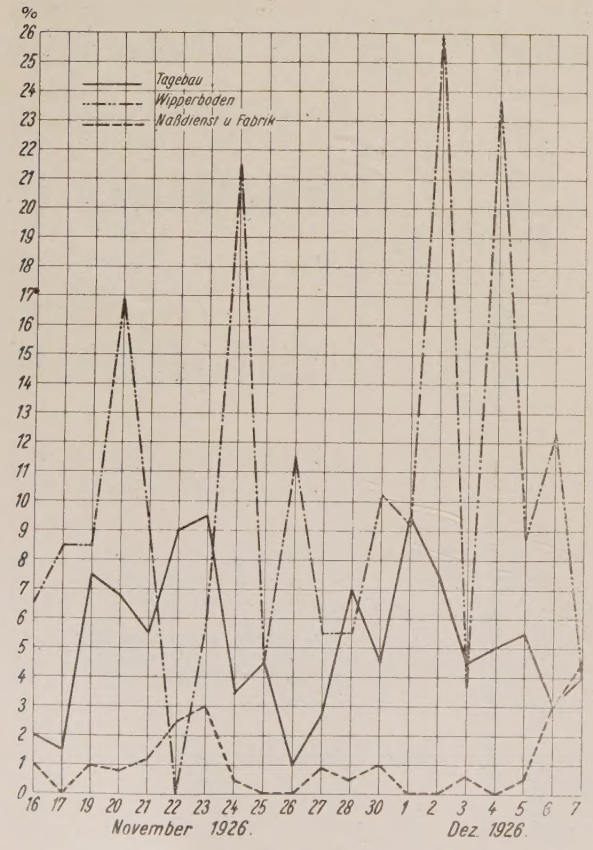

Abb. 3. Kettenbahnstörungen.

Übersicht 4.

Kettenbahnstörungen.

Monat	Sommer		Monat	Winter	
	Minuten im Durchschnitt	vH		Minuten im Durchschnitt	vH
Mai			Novbr.		
I. . .	140	7	I. . .	180	9
II. . .	40	2	II. . .	120	6
III. . .	40	2	III. . .	180	9
IV. . .	60	3	IV. . .	140	7
Juni			Dezbr.		
I. . .	100	5	I. . .	240	12
II. . .	80	4	II . .	240	12
III. . .	180	9	III. . .	320	16
IV. . .	140	7	IV. . .	180	9
Juli			Januar		
I. . .	60	3	I. . .	220	11
II. . .	160	8	II. . .	120	6
III. . .	120	6	III. . .	320	16
IV. . .	120	6	VI. . .	280	14
August			Februar		
I. . .	100	5	I. . .	220	11
II. . .	60	3	II. . .	400	20
III. . .	180	9	III. . .	320	16
IV. . .	140	7	VI. . .	320	16
Sept.			März		
I. . .	200	10	I. . .	80	4
II. . .	140	7	II. . .	180	9
III. . .	220	11	III. . .	300	15
		114			218

Durchschnitt: 114 : 19 = 6 vH
218 : 19 = 11,5 vH

Abb. 4 und Übersicht 4 zeigen den Unterschied der Störungen im Sommer und Winter. Hierbei ist zu erkennen, daß die Störungen in

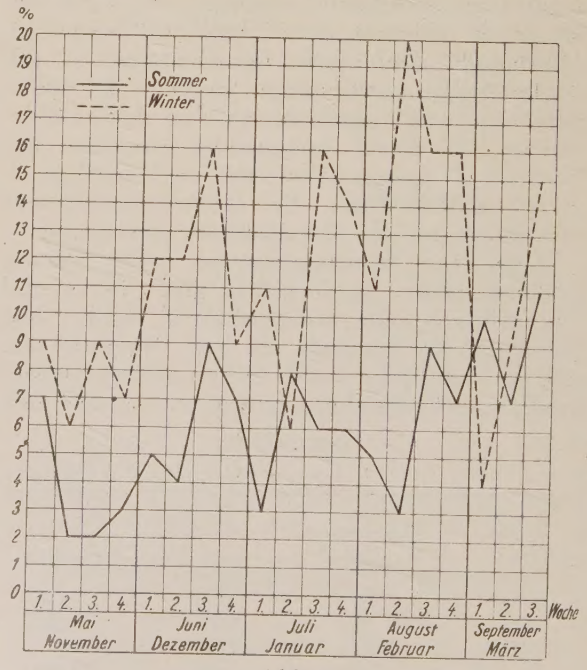

Abb. 4.
Kettenbahnstörungen im Sommer und Winter.

den Winterwochen bzw. -monaten umfangreicher sind als während der Sommerzeit; sie erreichen nicht nur einen prozentual höherstehenden Durchschnitt, sondern sind auch katastrophalerer Art.

In wirtschaftlicher Beziehung spielen beim Kettenbahnbetrieb die Bedienungskosten die größte Rolle. Wenn auch Bestrebungen im Gange sind, den Leutebedarf auf ein Minimum herabzudrücken, so bleibt doch immerhin ein erheblicher Leuteaufwand bestehen, der durch keine maschinelle Betätigung ersetzt werden kann und der bei zunehmender Entfernung von der Brikettfabrik immer mehr anwächst.

Von den Materialkosten sind die Kosten für Schmiermittel in Anbetracht der großen Zahl von Einzelwagen in erster Linie zu erwähnen. Auf einer rheinischen Grube mit 1500 Wagen betrugen die Kosten für Spritzfett je Jahr 30000 RM. Hervorgehoben werden muß in diesem Zusammenhang allerdings, daß viele Gruben des Kölner Reviers die Rollenlagerradsätze als ungeeignet für Kettenbahnen ablehnen. Als Grund werden die hohen Reparaturkosten geltend gemacht, die vielleicht auf das Gewicht der Kette, vor allem aber auf die Feinheit des Braunkohlenstaubes zurückzuführen sind, der auch in die feinsten Fugen eindringt. Auch die Störungen bei Kettenbrüchen auf der schiefen Ebene machen sich in Ersatzkosten von Rollenlagerradsätzen natürlicherweise erheblich geltend.

Für Instandhaltung der Förderwagen sind jährlich erhebliche Summen aufzubringen. Auf einer rheinischen Grube rechnet man bei 1200 Wagen mit 90 000 RM. Reparaturkosten für ein Jahr, entsprechend einem Betrage von etwa 75 RM. je Wagen und Jahr.

Die Kosten der Instandhaltung der Antriebe sind im allgemeinen unbedeutend und nur bei Zahnradbruch oder bei Reparaturen an den Greiferscheiben, Antriebsmotoren und Riemen wesentlich.

Für die Wahl der Kettenstärke und die Kettenbelastung ist die Steigung der Bahn

Übersicht 5.

Name der Grube	Steigung der schiefen Ebene	Ketten mm
Fortuna	1 : 4,5	32
Ver. Ville	1 : 6	28
Fischbach	1 : 7	26
Hubertus	1 : 8	24
Donatus	1 : 9	24
Beisselsgrube	1 : 10	24
Gruhlwerk	1 : 12	24
Wachtberg	1 : 20	24
	1 : 100	18
Berggeist	1 : 7	20

wesentlich. Auf söhliger Bahn hat man durchschnittlich 16-mm-Ketten, während sich die Abmessungen je nach der Steigung bis zu 32 mm erhöhen. Auf einer schiefen Ebene soll man jedenfalls nicht unter 24 mm heruntergehen. Wie aus nachstehender Übersicht 5 ersichtlich ist, werden diese 24-mm-Ketten bei einer Steigung von 1 : 20 bis 1 : 8 verwandt. Erst bei einer Steigung von 1 : 6 und 1 : 4,5 bedient man sich stärkerer Ketten.

Die Kosten für Kraftverbrauch der elektrischen Antriebe richten sich nach der Anzahl und Stärke der erforderlichen Antriebsmotore und dem jeweiligen Strompreise. Der Kraftverbrauch wird durch das unvermeidliche häufige Stillsetzen und Wiederanfahren der gesamten Bahnen auf Grund geringfügiger Ursachen sowie die zeitweilig für den augenblicklichen Zweck unmöglich langen Förderwege und das dadurch notwendige zu bewegende erhebliche Gewicht der Kette als Totlast recht ungünstig beeinflußt. Zu diesem Kettengewicht muß das Eigengewicht der Wagen gerechnet werden. In der Übersicht 6 ist das Verhältnis der Nutzlast zur Totlast beim Kettenbahnbetrieb (Wagen + Kette) errechnet. Man ersieht aus dieser Übersicht, daß sich ein recht ungünstiges Durchschnittsverhältnis von 1 :0,93, also nahezu 1 : 1, ergibt.

Zur Beurteilung der Anwendbarkeit der Kettenbahnen für die hier angenommenen Zwecke ist die verhältnismäßig geringe Lei-

Übersicht 6.

Verhältnis von Nutzlast zur Totlast beim Kettenbahnbetrieb (Wagen + Kette).
z. B. Wageninhalt zu 7 hl oder 0,5 t = 500 kg Nutzlast angenommen,
Wageneigengewicht zu 350 kg
Wagenabstand zu 10 m

Kettenstärke	Gewicht von 10 m	Kettengewicht zur Nutzlast	Wageneigengewicht zur Nutzlast	Gesamttotlastgewicht aus Ketten + Wageneigengewicht		Verhältnis von Nutzlast zu Totlast
				kg	vH	
mm	kg	vH	vH	der Nutzlast		
16	52	10,4	70	402	80,5	1 : 0,81
18	65	13	70	415	83	1 : 0,83
20	82	16,4	70	432	86,5	1 : 0,87
22	100	20	70	450	90	1 : 0,9
24	120	24	70	470	94	1 : 0,94
26	145	29	70	495	99	1 : 0,99
28	165	33	70	515	103	1 : 1,03
30	190	38	70	540	108	1 : 1,08

stungsfähigkeit als wichtiger Faktor zu erwähnen. Die theoretische Höchstleistung ergibt sich bei einer Fördergeschwindigkeit von 1,5 m je Sekunde und einem Wagenabstand von 10 m — Zahlen, die im Dauerbetriebe als Höchstwerte gelten müssen — zu 540 Wagen in der Stunde; bei dem üblichen Wageninhalt und bei einer 18stündigen reinen Förderzeit ergeben sich rund 5000 t. Die Übersicht 2 zeigt aber, daß diese theoretische Leistung zu günstig gerechnet ist. Im Dauerbetriebe kann die Höchstleistung einer Kettenbahn mit etwa 3000 t täglich angegeben werden. Es ergibt sich daraus, daß zur Bewältigung der Förderung einer großen Grube mehrere Kettenbahnen nebeneinander laufen müssen, um das Fördersoll bewältigen zu können.

Für die Kettenbahnen auf der als Beispiel gewählten Grube Fortuna würden sich folgende Zahlen ergeben:

Vom Schwenkpunkt D des Ostfeldes bis zur Brikettfabrik und den Kraftwerken der Grube Fortuna hat man mit einem Förderweg von ungefähr 1,7 km zu rechnen. Vom Drehpunkt D längs des neu anzulegenden Stoßes bis zur Feldesgrenze kommen weitere 1,75 km in Frage, so daß die Förderweglänge insgesamt 3,5 km beträgt. Bei vier Hauptkettenbahnen, die bisher auf Fortuna in Betrieb sind und auch beim Abbau des Ostfeldes in Betrieb bleiben müßten, um die Fördermenge von 10 000 t je Tag bewältigen zu können, würde diese Förderlänge einer Gesamtkettenlänge von rund 28 km entsprechen. Zur Zeit besteht der Wagenpark aus 1200 Wagen; er würde entsprechend der Verdoppelung der Kettenbahnlänge auf 2400 Wagen steigen müssen. Außerdem sollen in dem heutigen Tagebau, wie schon erwähnt, nach seiner völligen Auskohlung die Abraummassen des Anschlußfeldes untergebracht werden. Ein Belassen der Kettenbahnen im alten Tagebau wäre demnach höchst hinderlich.

In der Förderung sind ausschließlich der Leute am Wipperboden 60 Mann beschäftigt, 30 Mann also in jeder Schicht. Beim Füllen der Wagen am Bagger sind je 3 Mann, zusammen also 12 Mann, tätig. Für die Streckenbedienung bleiben demnach 18 Mann. Ihre Zahl wird sich entsprechend der Kettenlänge vergrößern, nach Inbetriebnahme des Ostfeldes also verdoppeln. Es würden demnach künftig insgesamt 96 Mann in der Förderung beschäftigt sein. Hierzu kommt noch die Gleisunterhaltung. Auf Fortuna sind etwa 25 vH der Belegschaft in der Gleisunterhaltung tätig. Man kann also auch hier damit rechnen, daß sich ihre Zahl entsprechend der Zunahme der Gleislänge verdoppeln wird, so daß künftig insgesamt mit 120 Mann zu rechnen ist.

Sieht man von der Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals ab, da die Bahn vorhanden ist, so ergeben sich folgende Förderkosten, bezogen auf 1 Jahr:

120 Mann zu je 2500 RM. . .	300 000 RM.,
Materialverbrauch	50 000 „
Schmieröl für 2400 Wagen zu durchschnittlich 10 RM. .	24 000 „
Kettenverschleiß bei 28 km Kette und sechsjähriger Lebensdauer jährlich $4^2/_3$ km Kette; bei einer 22-mm-Kette von 10 kg/m Gewicht, entsprechend 46 t jährlich, oder bei 0,50 RM. je Kilogramm	23 000 „
Wagenreparatur: 2400 Wagen zu je 75 RM.	180 000 „
Kraftverbrauch bei 3 Mill. t je Jahr zu durchschnittlich 1 PS/h/t zu 0,03 RM. . . .	90 000 „
Zusammen:	667 000 RM.
oder rund:	670 000 „

Bei 3 Mill. t Jahresförderung ist die Kohle danach mit 0,22 RM. belastet.

Großraumförderung.

Als Ersatz für die Kettenbahnförderung sind Becherwerke, Transportbänder, Seilbahnen, Lokomotivreibungsbahnen, Zahnradbahnen und Schrägaufzüge vorgeschlagen, zu denen neu dann hier noch die Skipförderung hinzukommen wird. Von diesen Vorschlägen sind jedoch die drei erstgenannten im folgenden unberücksichtigt geblieben. Becherwerke können für die hier in Frage kommende Teufe von rund 100 m nicht gebaut werden; es müßten mehrere Becherwerke untereinandergehängt werden, wodurch keinesfalls die nötige Betriebssicherheit erreicht werden könnte. Die Bandförderungen haben besonders auf Grund ihrer erfolgreichen Anwendung auf größeren Förderlängen im amerikanischen Bergbau große Hoffnungen erweckt. Ihre Leistungsfähigkeit ist zweifellos erheblich. Zur Überwindung großer Höhenunterschiede sind sie aber ebenfalls ungeeignet, da der Neigungswinkel durch die Gefahr des Rollens des Materials begrenzt ist. Man würde unverhältnismäßig große Förderwege erhalten, wollte man den Neigungswinkel klein genug machen. Seilbahnen endlich würden keine grundlegende Veränderung der Förderbedingungen ergeben. Auch bei ihnen müßte mit den kleinen Förderwagen wie bei der Kettenbahn gearbeitet werden. Gerade bei größeren Förderleistungen, also einer dichten Wagenfolge, hat sich die Kette dem Seil zu derartigen Förderungen überlegen gezeigt. Luftseilbahnen scheiden aus, weil ihre Leistungsfähigkeit für die hier zugrunde gelegten Verhältnisse bei weitem nicht ausreichen.

Für die Arbeit der Reibungslokomotiven ist erschwerend in Betracht zu ziehen, daß die

Verhältnisse des Braunkohlentagebaus beim Fahren auf geneigter Bahn höchst ungünstig sind. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, daß ein geordneter Betrieb wesentlich kleinere Neigungswinkel erfordert, als sie sonst im Eisenbahnbetrieb üblich sind, da bei feuchter Witterung der Braunkohlenschmant das Rutschen der Maschinen sehr begünstigt. Nach den Erfahrungen der Braunkohlengruben in der Lausitz legt man dort die Bahnen mit einem Neigungswinkel von 1 : 70 an. Der Vorteil der Lokomotivbahn besteht darin, daß die Größe der Wagen fast beliebig gewählt werden kann. Wagen mit 15 t, 20 t, ja sogar 30 t Nutzlast sind verschiedentlich in Betrieb.

Die Überwindung eines Höhenunterschiedes von rund 100 m würde bei Reibungsbahnen aber eine Bahnlänge von etwa 7 km erfordern. Abgesehen von den enormen Erdarbeiten muß festgestellt werden, daß für derartige Streckenlängen im allgemeinen kein Raum vorhanden ist.

Eine ausreichend lange schiefe Ebene ist aus diesen Gründen für Fortuna ebenfalls unmöglich, und es wird deshalb von einer Durchrechnung einer derartigen Anlage für diese Grube abgesehen.

Diese Schwierigkeiten soll die Zahnradbahn vermeiden, deren Einführung in den Braunkohlenbergbau zu den neuesten Vorschlägen gehört. An sich ist zuzugeben, daß jede Lokomotivbahn für starke Steigungen ungeeignet ist, da kein Ausgleich der Totlasten erfolgt und das gesamte Gewicht von Zug und Lokomotive jedesmal gehoben und hinterher abgebremst werden muß. Ihre besonderen Vorteile sind hauptsächlich darin zu suchen, daß sie eine geringe Bedienung benötigt und vor allen Dingen Steigungen von 1 : 10 bis 1 : 15 ohne Schwierigkeit überwinden kann.

Für Grube Fortuna würde eine Zahnradbahn folgende Aufwendungen bedingen:

Der Höhenunterschied von 110 m von der untersten Sohle aus bis zum Wipperboden würde bei einer Steigung von 1 : 15 eine Bahnlänge von 1550 m ergeben. Da insgesamt vom Schnittpunkt D aus eine Länge von 1750 m zur Verfügung steht, würde die Bahn ohne besondere Schleifenführung auf kürzestem Wege zur Brikettfabrik gelangen können. Die Förderung von 10 000 t je Tag in Zügen zu je drei Wagen je 20 t erfordert die Abfertigung von 167 Zügen. Bei 18stündiger Betriebsdauer, mit der in Anbetracht der wesentlich geringeren Zahl von Störungen im Vergleich zur Kettenbahn gerechnet werden kann, sind daher in der Stunde rund zehn Züge abzufertigen. Es müßte also alle 6 Minuten ein Zug abgefertigt werden. Die Fahrdauer beträgt bei 2 km Länge der söhligen Strecke von der Baggerendstellung bis zum Drehpunkt D und 1,5 km Länge der steigenden Strecke 35 Minuten, wenn auf söhliger Strecke eine Geschwindigkeit von 4 m/sec und auf steigender Strecke eine Geschwindigkeit von 1 m/sec angenommen wird. Mit Entleerung und Reservepause sind rund 45 Minuten Fahrdauer anzunehmen. Es befinden sich daher sieben bis acht Züge dauernd auf der Strecke. Zusammen sind also zehn Züge erforderlich. Das Anlagekapital stellt sich demnach etwa folgendermaßen:

10 Lokomotiven mit Zahnradantrieb zu je 100 000 RM.	1 000 000 RM.,
10 Züge zu 3 Wagen, dazu 10 vH Wagen als Reparaturausfall, zusammen 33 Wagen zu je 15 000 RM. .	495 000 „
7 km Fahrgleis mit Ausrüstung zu 25 RM. je Meter	175 000 „
für den Umformer u. dgl. .	100 000 „
Zusammen:	1 770 000 RM.

Zu der maschinellen Ausrüstung kommen die Erdarbeiten hinzu. Nach überschlägiger Berechnung, wie sie für den vorliegenden Fall ausreichen dürfte, werden höchstens rund 750 000 Reichsmark erforderlich sein, so daß das Gesamtanlagekapital auf rund 2 600 000 RM. zu schätzen ist. Von dem erforderlichen Umbau der vier vorhandenen Bagger für Großraumförderung sei vorerst abgesehen.

Zur Bedienung der Anlage sind je Schicht erforderlich:

10 Lokomotivzüge mit je 2 Mann	20 Mann,
Weichensteller, auf jeder Sohle 1 Mann	2 „
für Gleisreinigung und Unterhaltung	4 „
Zusammen:	26 Mann.

Die Betriebskosten sind also:

Abschreibung 10 vH auf die maschinelle Anlage in Höhe von 1 770 000 RM.	177 000 RM.,
4 vH Abschreibung auf die Erdarbeiten und den bautechnischen Teil, entsprechend einer Lebensdauer des Tagebaus von 25 Jahren rund 1 Mill. RM.	40 000 „
52 Mann zu je 2500 RM. . .	130 000 „
Kraftbedarf für zehn Lokomotiven	324 000 „
für Materialverbrauch und Reparaturen	49 000 „
Zusammen:	720 000 RM.

Bei einer Jahresförderung von 3 Mill. t ist demnach die Kohle mit 0,24 RM. belastet, gegenüber der Kettenbahn mit 0,22 RM. je Tonne Kohle. Der Unterschied der Belastung je Tonne Kohle würde sich noch weit ungünstiger gestalten, wenn der Umbau der vier Kohlenbagger mit berücksichtigt würde.

An Hand der errechneten Zahlen ist jedenfalls festzustellen, daß der Zahnradbetrieb

keinerlei Vorteile gegenüber der Kettenbahn bietet und deshalb bei der Wahl einer geeigneten Fördermöglichkeit für die speziellen Verhältnisse der Grube Fortuna ausscheiden muß.

Eine weitere Möglichkeit der Förderung ist der Schrägaufzug, der zuerst im Jahre 1922 auf den Staatlichen Bernsteinwerken Palmnicken (Ostpreußen) eingeführt wurde und in neuerer Zeit auf verschiedenen Gruben der Lausitz und auch des rheinischen Reviers eingebaut ist.

Die neuesten Konstruktionen des Schrägaufzuges sind verschiedentlich in der Literatur eingehend behandelt, so daß es sich erübrigt, an dieser Stelle noch einmal darauf einzugehen[1]). Es seien nur die bemerkenswerten Eigenschaften des Schrägaufzuges nochmals kurz zusammengefaßt:

1. Einfache Anordnung der betrieblich vorteilhaften Großraumwagenförderung;

2. Überwindung großer Höhenunterschiede mit Steigungen bis zu 1 : 5;

3. geringer Kraftverbrauch, da Ausgleich der Totlasten vorhanden ist;

4. Anwendungen nur weniger und leichter Lokomotiven, da die Wagen nur auf horizontal liegenden Gleisen zu bewegen sind;

5. kleiner Wagenpark und geringer Laufräderverschleiß infolge Fortfalls der Bremsarbeit.

Auf Grube Fortuna wird zur Überwindung des Höhenunterschiedes von der +-39-m-Sohle bis zum Wipperboden oder eines zu errichtenden Bunkers von 110 m eine Mindestlänge des Schrägaufzuges beim Steigungsverhältnis 1 : 5 von 550 m erforderlich sein. Die Benutzung der vorhandenen schiefen Ebene der Kettenbahn scheidet aus doppeltem Grunde aus: Einmal hat die Kettenbahn die ungewöhnlich große Steigung von 1 : 4,5, was über das für Schrägaufzüge zweckmäßige Maß hinausgeht, zum anderen geht die vorhandene schiefe Ebene mitten durch den alten Tagebau, wodurch die Verwendung desselben zur Unterbringung der Abraummassen vereitelt würde. Auch ist die Anlage des Schrägaufzuges an einer Böschung des Tagebaus entlang, wobei von der Gegenfront her verkippt werden könnte, deshalb unmöglich, weil die schwere Antriebsstation am Kopfe des Schrägaufzuges keinesfalls flankierend auf die Böschungskante gesetzt werden kann. Es ist daher ein Einschnitt erforderlich, der seinen Fußpunkt an dem bekannten Drehpunkt D des Ostfeldes hat. Da das Fördern eines solchen Aufzuges von zwei Sohlen ausgeschlossen ist, ist für jede Sohle ein besonderer Aufzug erforderlich, die jedoch in einem gemeinsamen Einschnitt untergebracht werden können, der eine Mindestsohlenbreite von 10 m haben muß. Er würde, da er zunächst nur die Rasensohle, nicht den Wipperboden erreichen könnte, nach Überwindung von 80 m Höhenunterschied bei der äußersten Steigung von 1 : 5 erst nach rund 400 m Förderweg die Rasensohle treffen. Bei Herstellung dieses Einschnittes müßten 1440000 Kubikmeter Kohle und Erdmassen oder nach Abzug der Kohle als Fördergut bei dem Verhältnis von E : K wie 1 : 3 rund 600 000 m³ Erdmassen bewegt werden. Bei Einschnittsarbeiten muß man unter Berücksichtigung der Mehrkosten für Hilfsförderung usw. mit etwa 2 RM. je Kubikmeter rechnen. Die Kosten des Einschnittes würden sich also auf rund 1 200 000 Reichsmark belaufen.

Die Arbeitsweise auf Grube Fortuna würde bei der Schrägaufzugsanlage in folgender Weise vor sich gehen:

Auf jeder der beiden Sohlen wäre eine Lokomotivbahn vom Bagger nach dem Fußpunkt des Aufzuges erforderlich. Da an jedem Bagger ein Zug halten muß, sind mindestens drei Lokomotiven und drei Züge auf jeder Sohle notwendig. Daraus ergibt sich bereits eine Abhängigkeit der Bagger voneinander, da für beide gemeinsam nur eine Wechsellokomotive da ist. Die Durchrechnung ergibt jedoch, daß die Leistungsfähigkeit der Bagger ausreicht, selbst wenn beim Zugwechsel keine Förderpausen entstehen. Die Stärke der Lokomotiven errechnen sich für diesen Fall bei rund 160 t Bruttolast, 4 m/sec Geschwindigkeit und 15 kg/t Fahrwiderstand zu rund 130 PS. Die häufig verwandten Lokomotivtypen von 200 PS reichen also vollkommen aus.

Vom Kopfe des Schrägaufzuges aus ist eine zweite Lokomotivbahn nach Fabrik und Kraftwerk erforderlich. Da bis zum Wipperboden eine Steigung zu überwinden ist, müssen hier 400-PS-Lokomotiven verwandt werden. Bei 4 m/sec Geschwindigkeit und einer Länge der Fahrbahn von 2 km ergibt sich eine reine Fahrzeit von 10 Minuten. Da Züge von zehn Wagen verwendet werden können, also auf je zwei Spiele ein Zug erforderlich ist, reichen zwei Lokomotiven zur Bewältigung der Förderung aus.

Der Kraftverbrauch des Schrägaufzuges ist der gleiche wie der der bereits laufenden Schrägaufzüge auf Grube Ver. Ville und Meuro-Stollen. Die Motorleistung ergibt sich danach zu 350 kW. Jedes Förderspiel dauert etwa 200 Sekunden, es ist also jeder Aufzug in der Lage, bei 6 Spielen/h eine Leistung von 24 Wagen oder 480 t je Stunde zu erzielen.

Auf Grund dieser Unterlagen ergibt sich folgende Kostenberechnung:

---

1) Festschrift: Jahrtausendfeier der Bergmännischen Vereinigung der Technischen Hochschule Aachen. Verlag Engelmann, bayr. Bergkandidat, Juli 1925.

Anlagekapital:

Erdarbeiten, wie oben ermittelt	1 200 000 RM.,
2 Aufzüge in den vorgeschriebenen Abmessungen laut Kostenanschlag der Maschinenfabrik Buckau	330 000 „
Elektrische Ausrüstung nach einer Angabe der Firma Siemens-Schuckert . . .	124 000 „
6 Lokomotiven zu 200 PS je 45 000 RM.	270 000 „
2 Lokomotiven zu 400 PS je 75 000 RM.	150 000 „
40 Wagen je 15 000 RM. . .	600 000 „
1 Lokomotive in Reserve .	45 000 „
4 Wagen in Reserve . . .	60 000 „
3,5 km neues Fahrgleis im Schrägaufzug und von dort zur Fabrik je Meter 25 RM.	87 500 „
14 km Fahrgleis auf den Baggerschwellen je Meter 20 RM.	280 000 „
Schrägbrücke zum Wipperboden und Umbau desselben, geschätzt auf .	200 000 „
Zusammen:	3 346 500 RM.
oder rund:	3 400 000 „

Zur Bedienung der ganzen Anlage sind je Schicht erforderlich:

8 Lokomotivzüge je 2 Mann . .	16 Mann,
Weichensteller je Sohle 1 Mann	2 „
zur Bedienung der Schrägaufzüge je 3 Mann	6 „
für Gleisreinigung und Unterhaltung	4 „
Zusammen:	28 Mann.

Hierbei ist die Bedienung am Bagger sowie das Gleisrücken wie bei der Berechnung der Zahnradbahn unberücksichtigt geblieben. Für zwei Schichten ergibt sich daraus ein Gesamtbedarf von 56 Mann. Die Betriebskosten stellen sich danach folgendermaßen:

10 vH Abschreibung auf die maschinelle Anlage in Höhe von rund 2 100 000 RM. . .	210 000 RM.,
4 vH Abschreibung auf die Erdarbeiten und den bautechnischen Teil, entsprechend einer Lebensdauer des Tagebaus von rund 1 300 000 RM. . . .	52 000 „
56 Mann zu 2500 RM. . . .	140 000 „
Kraftbedarf für 2 Motoren des Schrägaufzuges zu 350 kW; bei einer Betriebsdauer von 10 000 t je Tag oder 125 Spielen zu 4 Minuten, zusammen 500 Minuten, also rund $8\frac{1}{2}$ Stunden; 2975 Kilowattstunden zu 0,03 Reichsmark	26 775 „
Auf jeder Sohle eine Lokomotive in Bewegung, bei 18-stündigem Betrieb $2 \cdot 200 \cdot 18 = 7200$ PS/h je Tag oder $\frac{2\,160\,000 \cdot 0{,}03 \text{ RM.} \cdot 300}{1{,}36}$	
(1 kWh zu 0,03 RM.) . .	47 600 „
Die Lokomotivförderung zur Fabrik 18 Stunden reine Betriebszeit	47 600 „
Für Materialverbrauch, Reparaturen usw.	70 000 „
Zusammen	593 975 RM.
oder rund	600 000 „

Übertrag: 402 000 RM.

Bei 3 000 000 t Jahresförderung ergibt sich eine Belastung von 0,20 RM. je Tonne geförderte Kohle. Gegenüber der Kettenbahn von 0,22 RM. je Tonne bleibt danach kein nennenswerter Gewinn für eine angemessene Verzinsung des hohen Anlagekapitals zur Verfügung, vielmehr ist auch die Anlage des Schrägaufzuges für die besonderen Verhältnisse der Grube Fortuna als unwirtschaftlich zu bezeichnen. Die Gründe liegen neben den hohen Kosten für Erdarbeiten einmal darin, daß zwischen Schrägaufzug und Fabrik ein neues Fördermittel eingeschaltet werden muß, vor allem aber darin, daß von zwei Sohlen je ein Schrägaufzug fördern muß. Es bedingt die Anlage zweier getrennter Aufzüge, von denen jeder unvollkommen belastet ist, vor allen Dingen aber teure Anlage und Betriebskosten für die Förderung auf diesen Sohlen. Überhaupt ist bei Anlagen in der Großraumförderung für Grube Fortuna noch auf folgende Punkte hinzuweisen:

1. Die vorhandenen Bagger sind, wie bereits bei der Zahnradlokomotivbahn erwähnt ist, für die Großraumwagen unpassierbar, erfordern also Umbau der Bagger.

2. Die Großraumförderung bedingt erhöhte Einschnittsarbeiten am Ende der Baggerstrosse. Beim Keilrückenbau ist am Schwenkungsflügel erheblich mehr Kohle abzubauen als zum Schwenkungspunkte hin. Aber gerade da, wo die meiste Kohle gefördert werden muß, können immer nur ein oder zwei Wagen gefüllt werden, weil der Zug durch den anstehenden Stoß am Ausgehenden behindert ist, weiter unter dem Bagger durchzufahren. Die wirtschaftlichen Vorteile, die also die Großraumförderung gegebenenfalls bieten könnte, werden dadurch wieder hinfällig. An dieser Stelle nur mit ein oder zwei Wagen zu fördern ist deswegen undurchführbar, weil dann der Flügel zurückbleiben würde. Der Kettenbahnförderung ist zugute zu halten, daß die Hauer-

arbeiten am Ende der Baggerstrosse erheblich geringer sind als bei der Großraumförderung.

Man sieht aus allem, daß die Großraumförderung nur für den Weg längs der Abbaustrosse unter den gegebenen Bedingungen nicht zu empfehlen ist, so daß man hier statt dessen besser die Kettenbahn beibehält. Damit aber wird eine erneute Umladung erforderlich. Die Anlagekosten würden wesentlich verringert, das Bedienungspersonal dagegen müßte wesentlich vermehrt werden. In jedem Fall würde diese Abänderung keinesfalls das Projekt derartig beeinflussen können, daß mit einer Verzinsung des erheblichen Anlagekapitals gerechnet werden kann.

Die zunächst auftretende Frage: „Kann die Skipförderung die gewaltigen Fördermassen in größeren Tagebauen bis zu 15 000 — 20 000 t je Tag überhaupt bewältigen?“ muß ohne weiteres bejaht werden. Folgendes Beispiel möge als Beweis dienen: Angenommen sei ein Förderweg von 100 m und die Solleistung betrage 15 000 t je Tag oder 750 t je Stunde bei 20 Stunden Förderzeit.

Bei einem Gefäß von 15 t Nutzlast, einer durchschittlichen Geschwindigkeit von 2 m je Sekunde und einer Füll- und Kippause von rund 22 Sekunden, wäre die verlangte Fördermenge von 15 000 t in 20 Stunden zu bewältigen.

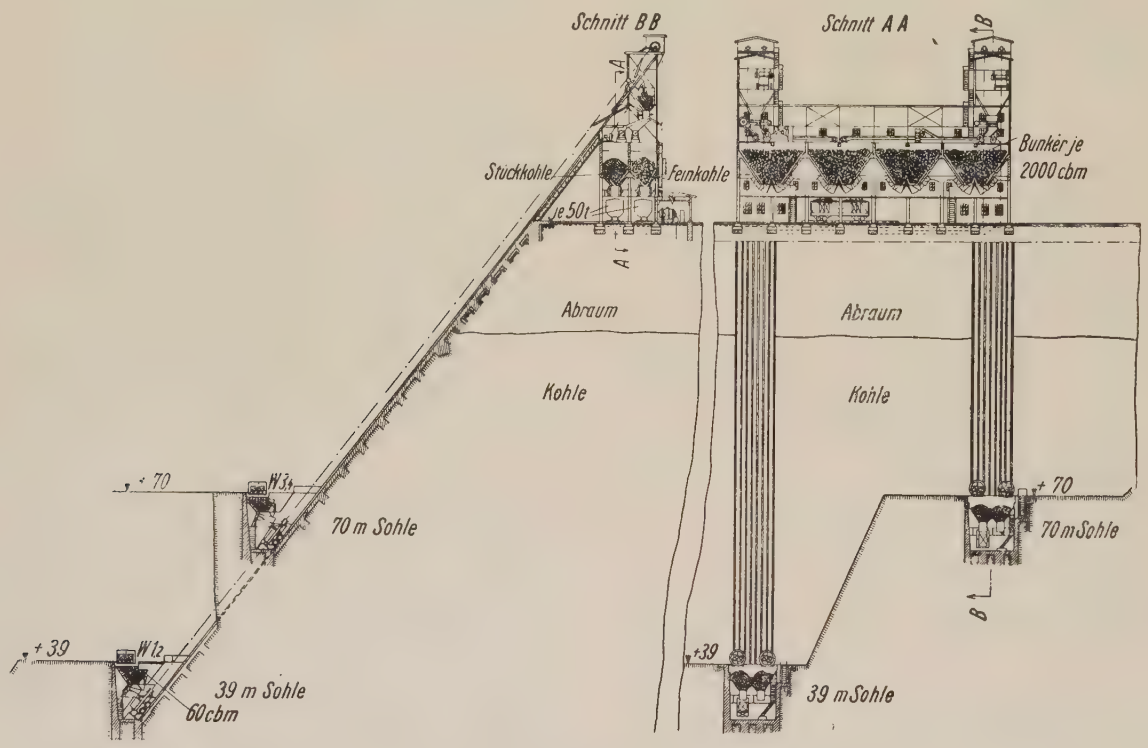

Abb. 5. Skip-Schrägaufzug mit Bunkeranlage. Grube Fortuna.

Skipförderung.

Da die bisher besprochenen Fördersysteme für sehr tiefe Tagebaue wie Grube Fortuna keinerlei wirtschaftliche Vorteile gegenüber der Kettenbahn hat bieten können, sei anschließend auf die anfangs erwähnte Skip- oder Gefäßförderung hingewiesen. Diese Förderart ist ebenfalls in der Literatur weitgehend besprochen, so daß sich eine eingehende Beschreibung erübrigt [1]).

Zur Erzielung der Stundenleistung von 750 t sind 750 : 15 = 50 Förderzüge erforderlich oder ein Förderzug müßte in 3600 : 50 = 72 Sek. erfolgt sein. Es stehen also für einen Förderzug 72 Sekunden zur Verfügung. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 2 m je Sekunde wäre das Förderspiel nach 100 : 2 = 50 Sekunden beendet. Demnach stehen noch 22 Sekunden zur Verfügung. die für das Füllen und Kippen des Gefäßes vollkommen ausreichen.

Man sieht, daß mit der Skipförderung hohe Leistungen zu erzielen sind, ohne sich außergewöhnlicher Dimensionen bedienen zu müssen. Als Nachteil ist die Notwendigkeit der Umladung hervorzuheben.

Die Einführung der Skipförderung im Braunkohlenbetrieb in Verbindung mit der

1) Spackeler, „Braunkohle“ 1923, Heft 15. — Herbst, „Berghütten- und Salinenwesen“ 1915, Heft 4. — Herbst, „Glückauf“ 1913, Heft 31. — Peinert, „Braunkohle“ 1919, Heft 34. — Gärtner, „Glückauf“ 1923, Heft 6 u. 7. — Walther, „Kohle und Erz“ 1925, Heft 17 — 19 und 1925, Heft 40 — 41. — Walther, „Braunkohle“ 1927, Heft 45. — Walther, „VDI“ 1927, Heft 2.

Zug- oder Kettenbahnförderung, wird deshalb besonders dort eine Berechtigung haben, wo die Herstellung einer schiefen Ebene für Kettenbahnen oder Schrägaufzüge aus technischen und finanziellen Gründen, z. B. bei Raummangel oder großen Teufen, undurchführbar ist, wo also die Umladung des Fördergutes nicht zu umgehen sein wird.

Es sei auch hier wieder, um die Nützlichkeit der Gefäßförderung unter besonderen Verhältnissen im Braunkohlentagebau klar und deutlich vor Augen führen zu können, das Beispiel der Grube Fortuna zugrunde gelegt.

Zuvor soll noch bemerkt werden, daß die Nachteile, die seitens des Steinkohlenbergbaus gegen die Skipförderung geltend gemacht werden, wie die Gefahr der Zerkleinerung und der Staubbildung, die Unzweckmäßigkeit der Gefäßförderung für die Seilfahrt und des Berge- und Materialeinhängens bei dieser Betrachtung nicht in Frage kommen, da im Braunkohlentagebau keinerlei Bedenken gegen diese für den Steinkohlenbergbau bestehenden Nachteile auftreten.

Es ergeben sich für den besonderen Fall der Grube Fortuna zwei Möglichkeiten:

1. Eine tonnlägige Skipanlage längs der Strosse.
2. eine seigere Skipanlage im Schacht.

Für die tonnlägige Skipanlage ergibt sich folgendes Projekt: Es sei für die Förderung der auf den beiden Sohlen gewonnenen Kohle wie beim Schrägaufzug je eine besondere Gefäßförderung am Schwenkpunkt D angenommen. Die beiden Gefäßaufzüge sind jeder für sich als doppeltrümmige Förderung gedacht (Abb. 5). Die Fahrbahn der Schrägaufzüge ist unter einem Winkel von 52° angenommen. Die Schienen ruhen auf einer Betonschicht, die auf der Kohle- bzw. Abraumböschung unter Benutzung von Fundamentsockeln angebracht ist. Am oberen Ende ist die Fahrbahn des Schrägaufzuges so geführt, daß unter der Entladestation eine Bunkeranlage mit Vorbrechwerk vorgesehen werden kann. Es empfiehlt sich daher, das Vorbrechwerk gleich in diesem Bunker anzubringen, weil man dann von hier aus schon die separierte Kohle zur Brikettfabrik oder zu den Kraftwerken in Großraumwagen kippen kann. Von besonderer Wichtigkeit hierbei ist aber, daß die Verkaufskohle direkt abgefahren werden kann. Dazu ist natürlich Normalspurgleis erforderlich. Die Bunkeranlage ist so bemessen, daß sie 2000 m³ Kohle aufnehmen kann. In der Entladestellung schütten die Fördergefäße in kleinere Bunker aus, aus denen die Kohle den Vorbrecherwerken zuläuft. Unter dem Vorbrecherwerk ist eine Siebvorrichtung vorgesehen, die die Kohle in Stückkohle und Feinkohle trennt. Sowohl Stückkohle wie Feinkohle werden mittels Gurtförderer mit Abwurfwagen auf die Bunker verteilt. Aus diesen Bunkern kann die Kohle über Auslaufschurren, die pneumatisch betätigte Verschlußschieber erhalten, sowohl in normalspurigen wie in schmalspurigen Großraumwagen abgezogen und ihrer Bestimmung zugeführt werden.

Neben den Bunkern ist für jeden Aufzug ein Maschinenraum vorgesehen, in dem die Fördermaschine zur Aufstellung kommt.

An den Beladestellen im Tagebau sind Stapelbunker vorgesehen (Abb. 6), in die die

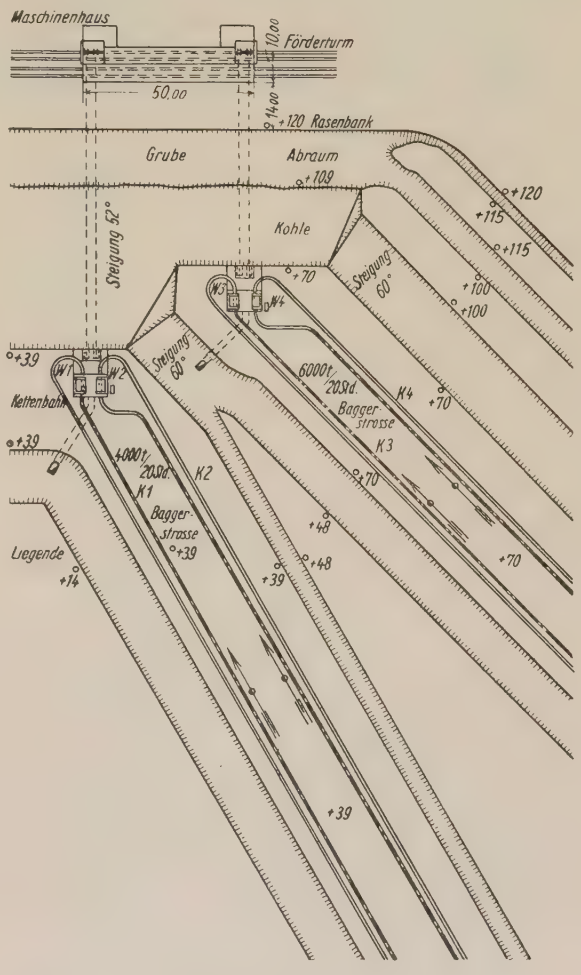

Abb. 6.
Lageplan der Baggerstrossen der Grube Fortuna.

auf den Kettenbahnen Kl, K2, K3, K4 ankommenden Kettenbahnwagen mittels Kreiselwipper Wl—W4 entleert werden. Jeder der beiden Bunker, die ein Fassungsvermögen von je 60 m³ haben, ist ein Meßbunker vorgelagert, der in der Größe dem Fassungsvermögen des Gefäßes entspricht. Der Meßbunker ist in zwei Meßtaschen unterteilt, denen wechselweise durch Umlegen einer Flügelklappe das Fördergut zugeführt wird. Jede Meßtasche mündet in einen Auslauf, der durch eine Klappe verschlossen wird. Eine Überlaufschurre leitet das nach Öffnen der Klappe ausströmende Fördergut in das davorstehende Ge-

fäß. Sämtliche Bunker sind mit Schwingschieber versehen, die pneumatisch betätigt werden. Der Füllvorgang der Fördergefäße wird bei jedem Aufzug durch den Bedienungsmann gesteuert und überwacht. Ist das jeweilige Fördergefäß gefüllt, so gibt dieser Bedienungsmann mittels Druckknopf dem Maschinisten ein Zeichen für das Einschalten der Fördermaschine. Unter Umständen kann der Fördermaschinist auch erspart werden, wenn das elektrische Einschalten von unten betätigt wird. Das Ausschalten in der oberen Endstellung und Entleerung der Fördergefäße erfolgt automatisch. Sobald das gefüllte Fördergefäß in der Endstellung angekommen ist, befindet sich das leere Gefäß wieder an der Füllstation.

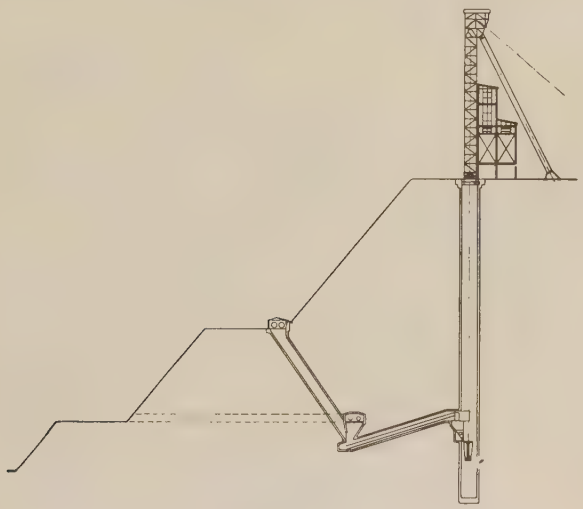

Abb. 7. Skipanlage Grube Fortuna.

Für die Fördergefäße ist ein Inhalt von 10 m³ angenommen worden.

Die Förderhöhe beträgt für den von der + 39-m-Sohle fördernden Aufzug vertikal vom Bunker bis zur Kippstelle 106 m, für den von der + 70-m-Sohle fördernden Aufzug 75 m. Die Förderhöhe entspricht bei der Steigung von 52° einer Fahrbahnlänge von 146 bzw. 108 m. Da die beiden Aufzüge je Stunde 200 t bzw. 300 t zu leisten haben, müssen in der Stunde 25 bzw. 38 Gefäße entleert werden. Demnach steht für ein Arbeitsspiel eine Zeit von 3600 : 25 = 144 Sek. bzw. 3600 : 38 = 95 Sek. zur Verfügung. Bei einer durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit von 2,5 m je Sekunde wird für ein Förderspiel eine Zeit von 146 : 2,5 = 60 Sek. bzw. 108 : 2,5 = 43 Sekunden benötigt. Demnach bleibt für das Füllen des einen und gleichzeitige Entleeren des anderen Fördergefäßes eine Pause von 144 — 60 = 84 Sek. bzw. 95 — 43 = 52 Sek. Die Förderpausen von 84 Sek. bzw. 52 Sek. sind äußerst günstig; durchschnittlich rechnet man mit einer Füll- und Kippause von höchstens 15 Sekunden.

Die Stärke des Drehstrom-Asynchronmotor für die Trommelfördermaschine errechnet sich unter Berücksichtigung des Kübelinhaltes, des Seilgewichtes, der Geschwindigkeit und des Wirkungsgrades der Schachtanlage zu 315 PS. Die Fördermaschine ist eine einfache Trommelfördermaschine, die mit allen Meßinstrumenten, Steuer- und Sicherheitsapparaten für Handsteuerung ausgerüstet ist.

Für die Bedienung der Förderanlage sind erforderlich in einer Schicht:

an den Kreiselwippern je 2 Mann	8	Mann,
an den beiden Beladestellen zum Füllen der Kübel je 1 Mann . .	2	„
in jedem Fördertrumm zum Überwachen der Kohlenbrecher, Siebvorrichtung und Bänder je 1 Mann	2	„
in jedem der beiden Maschinenhäuser je 1 Maschinist . . .	2	„
für die Gesamtanlage 1 Schmierer	1	„
zum Abziehen der Kohle aus den Bunkern über Tage in die Großraumwagen	2	„
an Aufsichtspersonal	1	„
Zusammen:	18	Mann.

Für die zweite Möglichkeit, die Förderanlage untertägig in einen Schacht zu legen und seiger hoch zu führen, steht ebenfalls der Weg offen, für jede Sohle eine besondere Förderung vorzusehen; es kann aber auch die Förderung beider Sohlen durch eine Anlage bewältigt werden. Die Anlagekosten sind hierbei selbstverständlich geringer, der Schachtquerschnitt kann kleiner gehalten werden und es sind weniger Bedienungsmannschaften erforderlich. Außerdem wird durch die Verbindung der oberen Sohle mit der unteren eine gewisse Bunkerung vor der Gefäßförderung ermöglicht (Abb. 7).

Von den Wippern der + 39-m-Sohle muß ein Rolloch gebrochen werden, das an den Wippern der 70-m-Sohle mündet. Die Kohle wird dann durch dieses etwa 590 m³ Kohle fassende Rolloch nach der + 39-m-Sohle gestürzt und gemeinsam mit der Kohle der + 39-m-Sohle, deren etwa 56 m³ fassender Bunker einen gemeinsamen Auslauf mit dem Rolloch in den Meßbunker hat, abgezogen. Die hierdurch geschaffene Bunkerung ist insofern vorteilhaft, als bei gelegentlichen Störungen an den Kettenbahnen die Gefäßförderung nicht in Mitleidenschaft gezogen wird. Vom Auslauf des Rolloches der 70-m-Sohle und des Stapelbunkers der + 39-m-Sohle führt ein Förderband zum Meßbunker am Schacht (Abb. 8). Dieses Förderband ist so zu bemessen, daß es genau die gleiche Leistung bewältigt wie die Gefäßförderung, d. h. also, jeweils während eines Förderspieles eine Nutzlast in den Meßbunker abwirft. Bei einer Fördergeschwindigkeit von etwa 1,4 m/sec und einer Bandbreite von 1,25 m wäre die erforder-

liche Menge von 500 t je Stunde zu leisten. Die Fördergeschwindigkeit ist abhängig von dem Beschüttungsquerschnitt auf dem muldenförmigen Band, und muß an Hand praktischer Erfahrungen mit der Bandanlage genau eingestellt werden, um den Meßbunker während der Zeit eines Zuges zu füllen.

Diese Gefäßförderung muß nun, da die Kohle beider Sohlen von der 39 = m = Sohle abgezogen wird, 10 000 t je Tag oder 500 t je Stunde leisten.

Der Gesamtförderweg erhöht sich bei seigerer Schachtanlage durch größere Förderturmhöhe auf rund 115 m. Für die Fördergefäße sei eine Nutzlast von 10 t angenommen; das wären also 500 : 10 = 50 Treiben in der Stunde. Ein Treiben hätte dann eine Zeit von 72 Sek. zur Verfügung. Bei einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 2 m/sec benötigt ein Förderspiel eine Zeit von 115 : 2 = rund 57 Sek. Es bleibt also eine Füll- und Entladepause von 15 Sek., die in Anbetracht der durch die Bunkerung geschaffenen Betriebssicherheit ausreicht. Für die Fördermaschine dieser seigeren Skipanlage wird ein Motor von rund 980 PS benötigt.

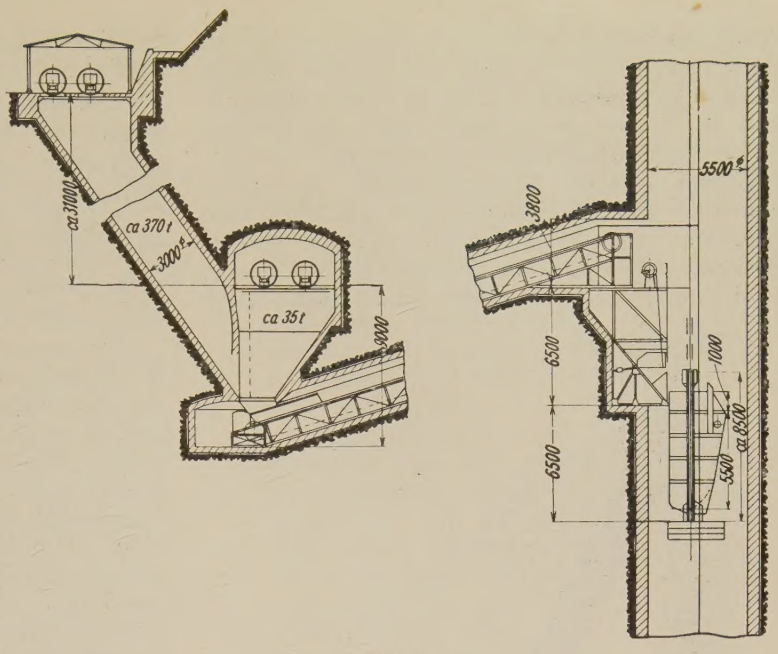

Abb. 8.
Unterstation der Skipanlage im Anschlußfeld der Grube Fortuna.

Das Diagramm (Abb. 9) veranschaulicht die Arbeitsweise der Fördermaschine. Es sei darauf hingewiesen, daß sich das Geschwindigkeitsdiagramm einer Gefäßförderung mit Kippkübel von dem Diagramm einer Gestellförderung dadurch grundsätzlich unterscheidet, daß man am Anfang und Ende des Zuges während der Bewegung der Entladerollen in den Entladeschleifen mit verringerter Geschwindigkeit fahren muß. Es ist deshalb mit einer Geschwindigkeit von 2 m/sec beim Einlaufen in die Schleifen und ebenso beim Auslaufen derselben gerechnet worden, also 16,5 m unter der normalen Entleerungsstelle des Kübels. Aus diesem Wege $s_1 = 16{,}5$ m und der Geschwindigkeit $v' = 2$ m/sec errechnet sich die Anfahrzeit zu $t_1 = \frac{2 \cdot s_1}{v'} = 16{,}5$ sec und die Anfahrbeschleunigung zu:

$$p_1 = v' : t_1 = 0{,}12 \text{ m/sec}^2.$$

Diese anfängliche geringe Beschleunigung ergibt in dem Diagramm das flache Ansteigen bis zur Geschwindigkeit $v' = 2$ m/sec, während der zweite Beschleunigungsabschnitt während der Zeit t_2 durch stärkere Steigerung gekennzeichnet wird. Die Zeit der zweiten Beschleunigungsperiode ist:

$$t_2 = \frac{v - v'}{p_2} = 6{,}7 \text{ sec},$$

wobei die Beschleunigung $p_2 = 0{,}3$ m/sec² an-

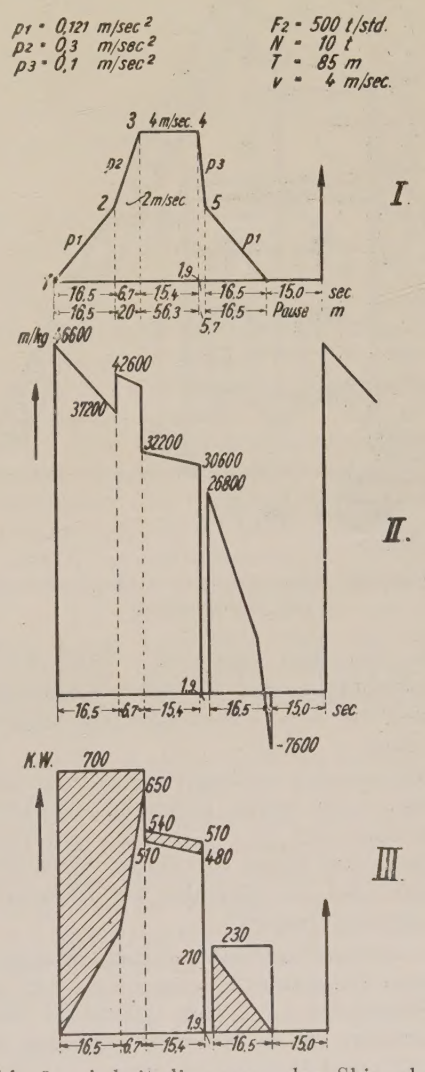

Abb. 9. Arbeitsdiagramm der Skipanlage.

genommen ist. Für die Verzögerung p_3 ist ein Wert gewählt, der ungefähr dem freien Massenauslauf entsprechen würde, um nach Möglichkeit an Förderzeit zu sparen und den Verlust durch die erste geringe Anfahrbeschleunigung p_1 und die geringe Endverzögerung p_4 auszugleichen. Der Massenauslauf würde eine Verzögerung von etwa 1 m/sec² ergeben; sie errechnet sich nach der Formel: $p_3 = N : m \cdot \eta$, wobei die Nutzlast N = 10 t, m die rotierenden

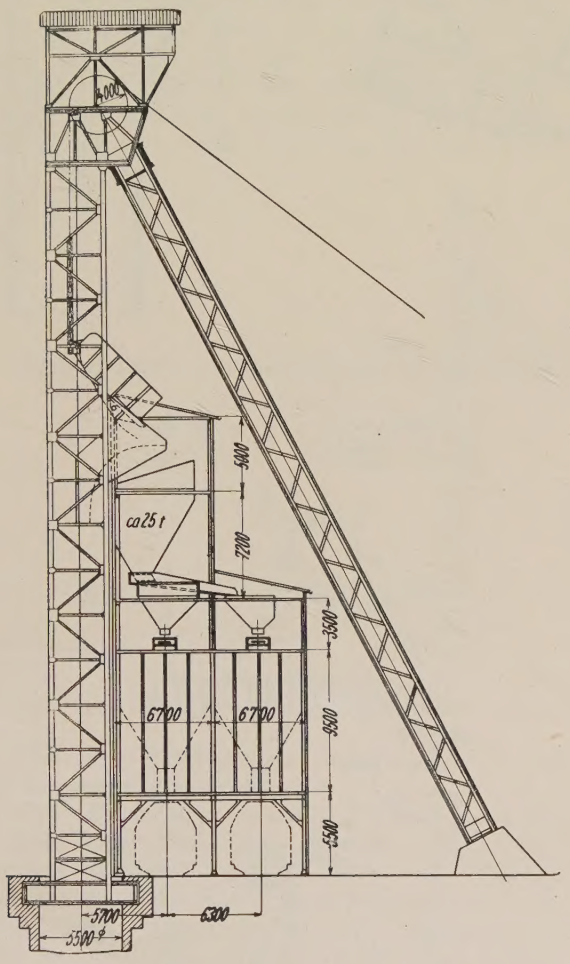

Abb. 10. Oberstation der Skipförderung mit Bunkeranlage.

Massen, bezogen auf den Seillauf = 12 000 Masseneinheiten, und der Schachtwirkungsgrad einschließlich des Vorgelegewirkungsgrades $\eta = 0{,}78$ sind.

In der zweiten Verzögerungsperiode wird der Maschine noch etwas Leistung zugeführt, um die Verzögerung $p_4 = 0{,}3$ m/sec innezuhalten; die Zeiten und Wege für diesen Verzögerungsabschnitt sind die gleichen wie im ersten Beschleunigungsabschnitt.

Die durchschnittliche Geschwindigkeit ist bei einem gesamten Fahrweg von 115 m und einer Fahrzeit von 55,7 Sek. 2,06 m/sec. Wie bereits bemerkt, ist der Wert von 2 m/sec nur für die Geschwindigkeit des Gefäßes bei der Aus- und Einlenkung durch die Einladeschleifen maßgebend.

Um die Fördermaschine auf eine Geschwindigkeit v = 4 m/sec zu bringen, sind 700 kW notwendig, maximal werden von diesen 700 kW aber nur 600 kW ausgenutzt.

Der Betrieb, der mit der Kübelförderung im Zusammenhang stehenden Anlage ist nochmals zusammenfassend folgendermaßen gedacht (Abb. 2, Deckblatt zu Abb. 1):

Die durch die Bagger gewonnene Kohle wird mit Kettenbahnen der Gefäßanlage zugeführt. An der Skipanlage am Drehpunkt D (Abb. 2 und 6) wird die Kohle durch pneumatisch betätigte Doppelwipper in Bunker gestürzt, von wo sie in die Gefäße abgezogen wird. Auf der Rasensohle wird die Kohle in einen Bunker gekippt (Abb. 10), aus denen sie mittels Austragwalzen zum Brechwerk gelangt. Es würde sich empfehlen, an diese Bunkeranlage gleich die Naßdienstanlage zu verlegen, um die Kohle von den Brechwerken durch Bänder gleich zum Naßdienst fördern zu können. Es könnte dann aus dieser Bunkeranlage mit angeschlossener Naßdienstanlage die separierte Kohle durch Lokomotiven in Großraumwagen von 20—25 t Fassungsvermögen entweder zum Grubenbahnhof gefahren, zum weiteren Transport als Versandkohle auf der Staatsbahn oder den einzelnen Bekohlungsstellen zugeführt werden. Die Nachteile der gebrochenen Förderung, die durch die Teufenunterschiede erforderlich wird, treten durch diese Art der Bunkeranlage in direkter Verbindung mit der Skipanlage nicht mehr in Erscheinung. Einfacher würde sich die Lösung der Frage dann gestaltet haben, wenn die Skipanlage direkt an die heutige Brikettfabrik hätte projektiert werden können, dies war aber der bestehenden Verhältnisse wegen unmöglich. Bei Neuaufschlüssen wäre dies aber unbedingt zu empfehlen.

Für die Förderung zur Brikettfabrik müßten zwei Lokomotiven mit je zehn Wagen sowie zwei Reservewagen beschafft werden. Dies wäre aber die einzige erforderliche Neuanschaffung an rollendem Material.

An Bedienungspersonal wäre für die Anlage erforderlich:

An den Baggern je 3 Mann . .	12	Mann,
an der Umlenkstation am Ende jeder Kettenbahn je 1 Mann	4	„
an den Wippern auf jeder Sohle je 3 Mann	6	„
für die Bedienung der Skipförderanlage	3	„
für die Förderung zur Brikettfabrik und den Kraftwerken 2 Züge je 2 Mann	4	„
für Gleisreinigung und Unterhaltung	4	„
Zusammen:	33	Mann.

In zwei Schichten werden also 66 Mann benötigt. Die Leute zur Bedienung der Sieb- und Zerkleinerungsanlage sind außer Betracht gelassen, da sie im bisherigen Naßdienst entbehrlich werden.

Um ein vollkommenes Bild über die Skipförderung zu bekommen, ist es erforderlich, auch die Anlagekosten einer Skipanlage einer Betrachtung zu unterziehen. Natürlich muß man auch hierbei wieder die örtlichen Verhältnisse berücksichtigen, so daß man nicht ganz allgemein eine Summe nennen kann, sondern einen praktischen Fall zugrunde legen muß. Es sei deshalb hierfür die oben projektierte Anlage mit Schachtförderung auf Grube Fortuna herangezogen.

Die entstehenden Kosten für diese Anlage werden ungefähr folgende Höhe erreichen:

Für die Kettenbahnförderung auf den beiden Sohlen nach der Skipanlage ist das erforderliche Material, wie Schienen, Ketten, Förderwagen und Antriebe, vorhanden. Es wird von den jetzt vorhandenen Förderanlagen, die in Wegfall kommen noch ein großer Teil auf anderen Werken der Gesellschaft Verwendung finden können . . .	—
Die Skipanlage mit dem maschinellen Teil der verschiedenen Bunker kostet nach einem Kostenüberschlag der Skip-Compagnie A.-G., Essen, etwa . . .	520 000 RM.
Es sind für den Transport von der Skipanlage auf der Rasensohle bis zu den Fabriken 2 Lokomotiven erforderlich. 1 Lokomotive von 400 PS kostet etwa 75 000 RM.	150 000 „
22 Großraumwagen mit je 20 t Inhalt je 15 000 RM. .	330 000 „
1750 m Fahrgleis, Normalspur, einschl. Weichenanlagen von der Skipanlage bis zu den Fabriken zu 40 RM. je laufendes Meter	70 000 „
Die Herstellung des Schachtes beläuft sich, wenn man je Meter Schachtabteufen mit Ausbau unter den vorherrschenden Bedingungen 400 RM. ansetzt, bei 81 m .	32 400 „
Für Ausbau der Bunker und der Strecken in der Kohle rund	34 450 „
Überbrückung der Kettenbahn auf der + 39-m-Sohle	1 350 „
Zusammen:	1 138 200 RM.

Kleinere Nebenarbeiten hinzugerechnet geben eine runde Summe von 1 150 000 RM. Diese Unterlage zugrunde gelegt, ergibt folgende Betriebskostenberechnung:

10 vH Abschreibung auf die maschinellen Anlagen in Höhe von rund 1 Mill. RM.	100 000 RM.
4 vH Abschreibung auf die Erdarbeiten und den bautechnischen Teil, entsprechend einer Lebensdauer des Tagebaus von 25 Jahren in Höhe von etwa 150 000 RM.	6 000 „
66 Mann zu 2500 RM. . . .	165 000 „
Kraftbedarf für den Motor der Skipanlage von durchschnittlich 540 kW und einer reinen Betriebsdauer von 16 Stunden; 10 000 t je Tag 1000 Treiben zu 75 Sek. = rund 16 Stunden oder 8640 kW je 0,03 RM., in einem Jahr also	77 760 „
Die Lokomotivförderung zur Fabrik, 18 Stunden reine Betriebszeit (siehe Schrägaufzug)	47 600 „
Für Materialverbrauch, Reparaturen usw.	28 640 „
Zusammen:	425 000 RM.

Die Betriebskosten errechnen sich also auf rund 425 000 RM. Es muß allerdings bemerkt werden, daß die errechneten Zahlen für Kraftbedarf besonders bei der Lokomotivförderung auf der Rasensohle äußerst hoch angesetzt sind, da die zu bewältigenden 10 000 t von den beiden Lokomotiven auch in weit weniger Stunden gefördert werden können.

Bei 3 Mill. t Jahresförderung ist demnach die Kohle mit rund 0,144 RM. belastet.

Gegenüber der Kettenbahnförderung mit einer Belastung von 22 Pf. je Tonne Kohle, der Zahnradlokomotivförderung mit 24 Pf. je Tonne Kohle und der Schrägaufzugförderung mit 20 Pf. je Tonne Kohle schneidet also die Skipförderung mit einer Belastung von 14,4 Pf. je Tonne Kohle bei obigem Vergleich für den speziellen Fall der Grube Fortuna bei weitem am günstigsten ab.

Die Differenz von 7,6 Pf. im Durchschnitt ist darin zu suchen, daß die Förderwege für die Kettenbahn zu lang werden, und daß bei einer Neuanlage die Anlagekosten für die Lokomotiv- und Schrägaufzugförderung durch die gewaltigen Erdbewegungen bei der Herstellung des erforderlichen Einschnittes zu hoch kommen. Rechnet man daher bei der Skipförderung mit einer durchschnittlich geringeren Belastung von 7,6 Pf. je Tonne Kohle, so errechnet sich bei der jährlichen Förderung von 3 Mill. t Kohle ein Gewinn von 228 000 RM., wovon bei einer

angemessenen Verzinsung des Anlagekapitals immer noch ein ansehnlicher Betrag als Reingewinn verbucht werden kann. Rechnet man z. B. mit einer Verzinsung des Betrages von 1 124 000 RM. von 10 vH, so bleiben als Reingewinn noch 115 600 RM.

Zusammenfassung.

Es wird unter Berücksichtigung der bisher bekannten Fördermethoden die Verwendungsmöglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Skipgefäßförderung im Braunkohlentagebau geprüft. An Hand eines praktischen Beispiels wird der Nachweis erbracht, daß diese Skipförderung sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Beziehung sehr geeignet ist, im Braunkohlentagebau Verwendung zu finden. Im Rheinischen Braunkohlengebiet wie auch im Geiseltal, wo man mit Flözmächtigkeiten bis zu 100 m rechnen kann, würde die Skipförderung ohne jegliche Bedenken ausgeführt werden können.

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß die Skipförderung einerseits da in Frage kommt, wo die Tagebaue mit großen Teufen zu rechnen haben, wo andererseits Raummangel für langgestreckte schiefe Ebenen besteht und wo drittens die Umladung des Fördergutes aus irgendwelchen anderen Gründen, die sich aus den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ergeben, nicht zu umgehen ist.

Druck von Wilhelm Knapp in Halle (Saale).